

**PAT-NO:** JP408031753A  
**DOCUMENT-IDENTIFIER:** JP 08031753 A  
**TITLE:** METHOD AND EQUIPMENT FOR VHF PLASMA PROCESSING  
**PUBN-DATE:** February 2, 1996

**INVENTOR-INFORMATION:**

NAME	COUNTRY
TASHIRO, KAZUAKI	
SHOJI, TATSUMI	
MOCHIZUKI, CHIORI	
MIZUTANI, HIDEMASA	

**ASSIGNEE-INFORMATION:**

NAME	COUNTRY
CANON INC	N/A

**APPL-NO:** JP06167082  
**APPL-DATE:** July 19, 1994

**INT-CL** H01L021/205 , C23C014/34 , C23C016/50 , C23F004/00 ,  
**(IPC):** H01L021/203

**ABSTRACT:**

**PURPOSE:** To provide a method for VHF plasma processing wherein discharging is started easily and the discharging condition becomes stable in a shorter time by generating plasma at a high frequency whose frequency is lower than a frequency which is used at plasma processing and then by switching the frequency to a specified VHF high frequency and starting plasma processing at that frequency.

**CONSTITUTION:** After the film forming conditions are set, high frequency power is turned on and discharging is started. First of all, RF high frequency power of 50W is

applied to a second electrode 110 from an RF power supply 114. At that time, the matching conditions of an RF matching device 112 are preliminarily set to the values at the time of RF initial discharging. When discharging is started, VHF high frequency power of 50 W is applied to the second electrode 110 from a VHF power supply 115. The film forming speed at RF with the 50W output is 1/20 or below that at VHF, and a problem that an ununiform film is deposited can be almost neglected during RF discharging. At a point when VHF plasma is generated while RF plasma is being generated, the RF power supply 114 is turned off and only the VHF discharging is continued.

COPYRIGHT: (C)1996,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-31753

(43) 公開日 平成8年(1996)2月2日

(51) Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 21/205				
C 2 3 C 14/34		T 8939-4K		
16/50				
C 2 3 F 4/00		A 9352-4K		
H 0 1 L 21/203		S 9545-4M		
審査請求 未請求 請求項の数7 O L (全 10 頁)				

(21) 出願番号 特願平6-167082  
(22) 出願日 平成6年(1994)7月19日

(71) 出願人 000001007  
キヤノン株式会社  
東京都大田区下丸子3丁目30番2号  
(72) 発明者 田代 和昭  
東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ  
ノン株式会社内  
(72) 発明者 庄司 辰美  
東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ  
ノン株式会社内  
(72) 発明者 望月 千織  
東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ  
ノン株式会社内  
(74) 代理人 弁理士 若林 忠

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 VHFプラズマ処理方法及び装置

(57) 【要約】

【目的】 VHFプラズマ処理方法及び装置において、放電が容易に開始し、放電状態がより短時間で安定するプラズマ処理方法及び装置を提供する。

【構成】 周波数が30MHz以上300MHz以下であるVHF高周波によるプラズマを減圧可能な容器内で発生させ、該プラズマ中で被処理材の処理を行うプラズマ処理方法において、処理時に使用する高周波の周波数よりも低い周波数をもつ高周波によりプラズマを発生させた後、所定のVHF高周波によるプラズマに切り換えて処理を行うことを特徴とするVHFプラズマ処理方法。

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 周波数が30MHz以上300MHz以下であるVHF高周波によるプラズマを減圧可能な容器内で発生させ、該プラズマ中で被処理材の処理を行うプラズマ処理方法において、処理時に使用する高周波の周波数よりも低い周波数をもつ高周波によりプラズマを発生させた後、所定のVHF高周波によるプラズマに切り換えて処理を行うことを特徴とするVHFプラズマ処理方法。

【請求項2】 処理を行うときの周波数よりも低い周波数をもつ高周波をRF高周波とする請求項1に記載のVHFプラズマ処理方法。

【請求項3】 VHF高周波電源供給系と前記高周波電源により内部にプラズマを生起させて被処理材の処理を行う減圧可能な容器と、前記容器の排気系とを有するVHFプラズマ処理装置において、処理時に使用する高周波の周波数よりも低い周波数をもつ高周波によりプラズマを発生させる手段と、プラズマ発生後に所定のVHF高周波によりプラズマを維持する手段とを有することを特徴とするVHFプラズマ処理装置。

【請求項4】 減圧可能な容器内で対向する第一電極、第二電極を有する基板上に薄膜を成膜するVHFプラズマCVD装置であって、処理時に使用する高周波の周波数よりも低い周波数をもつ高周波によりプラズマを発生させる手段が、RF高周波電源と該RF高周波を整合する整合器とからなり、プラズマ発生後に所定のVHF高周波によりプラズマを維持する手段が、VHF高周波電源と該VHF高周波を整合する整合器とからなり、前記RF高周波が該第二電極に供給されてプラズマが生起され、プラズマ発生後に前記VHF高周波が該第二電極に供給されてプラズマが維持される請求項3に記載のVHFプラズマ処理装置。

【請求項5】 減圧可能な容器内で対向する第一電極、第二電極を有する基板上に薄膜を成膜するVHFプラズマCVD装置であって、処理時に使用する高周波の周波数よりも低い周波数をもつ高周波によりプラズマを発生させる手段が、RF高周波電源と該RF高周波を整合する整合器とからなり、プラズマ発生後に所定のVHF高周波によりプラズマを維持する手段が、VHF高周波電源と該VHF高周波を整合する整合器とからなり、前記RF高周波が基板を保持する該第一電極に供給されてプラズマが生起され、プラズマ発生後に前記VHF高周波が基板を保持する第一電極と対向する該第二電極に供給されてプラズマが維持される請求項3に記載のVHFプラズマ処理装置。

【請求項6】 減圧可能な容器内で対向する第一電極、第二電極を有する基板上に薄膜を成膜するVHFプラズマCVD装置であって、処理時に使用する高周波の周波数よりも低い周波数をもつ高周波によりプラズマを発生させる手段が、RF高周波電源と該RF高周波を整合す

る整合器とからなり、プラズマ発生後に所定のVHF高周波によりプラズマを維持する手段が、VHF高周波電源と該VHF高周波を整合する整合器とからなり、前記RF高周波がプラズマシールドに供給されてプラズマが生起され、プラズマ発生後に前記VHF高周波が該第二電極に供給されてプラズマが維持される請求項3に記載のVHFプラズマ処理装置。

【請求項7】 減圧可能な容器内で対向する第一電極、第二電極を有する基板上に薄膜を成膜するVHFプラズマCVD装置であって、周波数可変のRF-VHF共通高周波電源の周波数を変更することによりRF高周波とVHF高周波との切り替えを行い、RF高周波が該第二電極に供給されてプラズマが生起され、プラズマ発生後に前記VHF高周波が、整合器を介して該第二電極に供給されてプラズマが維持される請求項3に記載のVHFプラズマ処理装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

## 【産業上の利用分野】

本発明は、半導体等の製造工程に使用される高周波スパッタ装置、高周波プラズマCVD装置、高周波エッチング装置等のプラズマ処理装置に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】高周波を利用するプラズマ処理装置は上述のように、スパッタ装置、エッチング装置などがあるが、ここでは従来のアモルファスシリコン等の薄膜形成用高周波プラズマCVD装置を例にとって本発明に係る従来の技術を説明する。

【0003】このような装置においては、従来印加される高周波は13.56MHzのRF周波数が用いられている。これはこの周波数がIMS（工業用、科学用、医療用）標準周波数であり、これに対する規制の放出限界が非IMS周波数、特に通信帯内の周波数に対して厳しくないからである。この周波数を用いた装置が多く製造されており、入手しやすいのでますます広く使われるものとなっている。

【0004】これらの利点にもかかわらず、高速成膜の実現の為に最近さらに高いVHF帯の高周波を利用する試みがなされている。

【0005】例えば東京工業大学の小田らは、144MHzのVHF高周波を用い、高速成膜を実現し、良質なアモルファスシリコンの作成できたことを報告している（"Preparation of a-Si:H Films by VHF Plasma CVD" Mat. Res. Soc. Symp. Proc. 118 (1988) pp. 117-122）。

【0006】13.56MHzのRF高周波を用いる従来のアモルファスシリコン成膜装置では、1Å/sec程度の成膜速度でしか最適な膜特性を有する膜は得られ

ず、装置のスループットが良くないので、結果製造コストを上げるという問題があった。

【0007】そこでより高い成膜速度を実現する方法が要求され、例えばアモルファスシリコン等の薄膜を作製する装置について、30～300MHzのVHF高周波を利用し、高速成膜を実現しようという試みがなされている。

【0008】高い成膜速度を得るためには、まず印加電力を上げ、プラズマの電子濃度を高めること、ガスの圧力を上げることが必要である。つまり電子濃度を上げ、分子濃度を上げ、分解生成を促す方法が一般的である。

【0009】しかしながら、これらの条件を従来の13.56MHzの高周波で実現しようすると、気相中で反応分子の重合反応を誘発し、その結果ポリシリコンの生成が起りやすくなり、さらにこれらがダストとなり膜中に取り込まれ組織の欠陥となるなどして、単純にRF高周波で高速成膜を実現しようすると、膜質の低下をもたらすので、現状の技術における成膜装置ではせいぜい1Å/secの成膜速度を出すのが限界であった。

【0010】これに対して30～300MHzのVHF高周波を用いる方法では、周波数を上げることにより、プラズマ中の電子のエネルギー分布が変わり、ガスを分解できるエネルギーを有する高エネルギー側のプラズマの電子密度を容易に上げることができ、その結果ガスの分解効率を上げることができるので、印加電力、ガスの圧力をあげることなく、前記のような組織欠陥を招くことなく容易な条件で良質な高速成膜を実現することができる。

【0011】以下図面を用いて説明するが、まずVHF高周波を用いた従来のプラズマCVD成膜装置を図5に示す。一般的に高周波プラズマ処理装置は、高周波電源513とこれから供給される高周波電力を効率よく伝達するための整合器512、プラズマ発生チャンバー504からなる。高周波電源の出力インピーダンスは一般に50オームに設定してある。第二電極510、プラズマ発生チャンバー504、プラズマを含む負荷側のインピーダンスは通常放電条件等により異なる。しかし高周波電力が最も効率よく伝達されるためには、高周波電源側の出力インピーダンスと負荷側の入力インピーダンスとを一致させなければならないのでその間に、整合器512を配し、放電毎に、この整合器を調節しインピーダンスの整合を行い、高周波電力が最も効率よくプラズマ側に伝達されるようにする。

【0012】基板507はこの第一電極509上に配置される。511はプラズマ閉じ込め用のプラズマシールドである。501はロータリーポンプ、502はターボ分子ポンプであり、チャンバーの真空引きと反応ガスの排気とを行う。プラズマ空間は第二電極、第一電極、プラズマシールドで囲まれた閉空間となっており、ガスを

直接周囲から供給するのは難しい。第一電極には基板を配置するので、これからのガス供給はできず、またプラズマシールド側からガスを供給することは可能であるが、ガスの流れの影響を考えると好ましくない。よって第二電極側から原料ガスの供給を行いたい。そこで、図の508はガス配管であり、絶縁体を挟んで、第二電極に接続する。供給されたガスは拡散板(第二電極表面上のシャワーヘッド)を通して、プラズマ内に放出される構造となっている。

10 【0013】

【発明が解決しようとする課題】基本的には上記のような構造であるVHFプラズマ処理装置にVHF高周波を用いる場合、周波数 $f=10\text{MHz}$ では波長が約30m、100MHzでは3m、300MHzでは1mの波長となる。装置の大きさを考慮すると、このような短波長は無視できないものである。つまり高周波の波長が装置の大きさに対して無視できない長さになると、後に述べるように装置自体が高周波伝送回路になるので、装置自身の持っているインダクタンスやキャパシタンスが無視できなくなり、さらにこれらは分布定数として働くことになる。たとえば第二電極側からガスを供給するためには、これまで整合器側からガス配管を引き回し、ガスを外部から第二電極に導入する方法がとられていた。しかしながら周波数が高くなるにしたがい、波長が短くなり電極の構造ばかりでなく、このガス配管の持つ浮遊容量や浮遊インダクタンスも問題になってくることが実験により明らかになった。

20 【0014】これらの浮遊容量や浮遊インダクタンスがVHFプラズマ処理に及ぼす影響について述べる。図9にプラズマ処理装置の電気的な等価回路を示す。 $R_0$ は高周波電源Aの出力インピーダンスである。高周波の周波数を $f=2\pi\omega$ 、電極容量 $C_0$ 、プラズマのインピーダンスを $R_p$ 、整合器Bのインダクタンスを $L$ 、容量を $C_1$ 、 $C_2$ とする。この等価回路を整合が取れている適当な条件で解くと、

30 【0015】

【数1】

$$\frac{1}{\omega C_1} = \frac{1}{\omega C_0} \times \sqrt{R_0/R_p} \quad \dots\dots ①$$

$$\omega L - \frac{1}{\omega C_2} = \frac{1}{\omega C_0} \quad \dots\dots ②$$

40 が成立する。電極容量 $C_0$ は装置を設計した段階で決まり、これが一定の時、整合の取れた状態で放電を行うには、周波数 $f$ が高いほど、 $L$ 、 $C_2$ を小さくする必要がある。理想的には②を満たす $L$ 、 $C_2$ を取れば、容易に放電し、放電は維持されるはずである。しかしながら実際の装置では、浮遊容量、浮遊インダクタンスが存在するために、周波数によっては②を満たすことができず、放電の維持どころか、放電の開始が困難となる。周波数が13.56MHz程度の場合には、この浮遊容量、浮遊

インダクタンスは整合器のL、C<sub>2</sub>に比べ無視できるが、周波数が上がってVHF領域となると無視できなくなる。つまり整合器だけでは浮遊容量、浮遊インダクタンスのために整合が困難になる。実際VHFの放電を行う場合②の条件を満たすようにしていくと、放電開始が非常に困難になってくるといふ問題点があった。さらに放電はしても整合がとりにくい、整合に時間がかかるという問題もあった。

【0016】従来はこれに対し、投入電力を大きくして放電を開始し、その後整合を取りながら、電力を所定の値に設定していた。しかしこの方法では反射波が大きい状態で電源を使わなければならない、電源への過負荷が問題となり実現には限界があった。さらにVHF放電では成膜速度が非常に速くなるので、放電が始まってから、整合をとって安定した放電にするまでに要する時間が長いと、このあいだに膜が堆積してしまい均一な膜ができないとか、少なくとも、初期膜は不均一なものになるという問題があった。これは界面が重要な要件となるデバイスを作製する場合には大きな問題である。

【0017】図8aにシランガスを成膜ガスとして用いた場合のプラズマ中のラジカルSiH<sup>\*</sup>の発光強度の時間依存の一例を示す。図に示されているように、放電はしにくいし、放電しても整合がなかなかとれず、放電状態が非常に不安定である。放電の安定までに5分近くもかかるようでは、この間に成膜された膜厚は2000Å程度にも達することがあり、これでは薄膜デバイス用に使うことなどは非常に困難であった。

【0018】本発明の目的は、上記従来技術の問題点に鑑みて、VHFプラズマ処理方法及び装置において、放電が容易に開始し、放電状態がより短時間で安定するVHFプラズマ処理方法及び装置を提供することにある。

【0019】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成する本発明は、周波数が30MHz以上300MHz以下であるVHF高周波によるプラズマを減圧可能な容器内で発生させ、該プラズマ中で被処理材の処理を行うプラズマ処理方法において、処理時に使用する高周波の周波数よりも低い周波数をもつ高周波によりプラズマを発生させた後、所定のVHF高周波によるプラズマに切り換えて処理を行うことを特徴とするVHFプラズマ処理方法である。

【0020】また本発明のVHFプラズマ処理方法は、処理を行うときの周波数よりも低い周波数をもつ高周波をRF高周波とすることを含むものである。

【0021】また本発明は、VHF高周波電源供給系と、前記高周波電源により内部にプラズマを生起させて被処理材の処理を行う減圧可能な容器と、前記容器の排気系とを有するVHFプラズマ処理装置において、処理時に使用する高周波の周波数よりも低い周波数をもつ高周波によりプラズマを発生させる手段と、プラズマ発生

後に所定のVHF高周波によりプラズマを維持する手段とを有することを特徴とするVHFプラズマ処理装置である。

【0022】また本発明のVHFプラズマ処理装置は、減圧可能な容器内で対向する第一電極、第二電極を有する基板上に薄膜を成膜するVHFプラズマCVD装置であって、処理時に使用する高周波の周波数よりも低い周波数をもつ高周波によりプラズマを発生させる手段が、RF高周波電源と該RF高周波を整合する整合器とからなり、プラズマ発生後に所定のVHF高周波によりプラズマを維持する手段が、VHF高周波電源と該VHF高周波を整合する整合器とからなり、前記RF高周波が該第二電極に供給されてプラズマが生起され、プラズマ発生後に前記VHF高周波が該第二電極に供給されてプラズマが維持されることを含むものである。

【0023】また本発明のVHFプラズマ処理装置は、減圧可能な容器内で対向する第一電極、第二電極を有する基板上に薄膜を成膜するVHFプラズマCVD装置であって、処理時に使用する高周波の周波数よりも低い周波数をもつ高周波によりプラズマを発生させる手段が、RF高周波電源と該RF高周波を整合する整合器とからなり、プラズマ発生後に所定のVHF高周波によりプラズマを維持する手段が、VHF高周波電源と該VHF高周波を整合する整合器とからなり、前記RF高周波が基板を保持する該第一電極に供給されてプラズマが生起され、プラズマ発生後に前記VHF高周波が基板を保持する第一電極と対向する該第二電極に供給されてプラズマが維持されることを含むものである。

【0024】また本発明のVHFプラズマ処理装置は、減圧可能な容器内で対向する第一電極、第二電極を有する基板上に薄膜を成膜VHFプラズマCVD装置であって、処理時に使用する高周波の周波数よりも低い周波数をもつ高周波によりプラズマを発生させる手段が、RF高周波電源と該RF高周波を整合する整合器とからなり、プラズマ発生後に所定のVHF高周波によりプラズマを維持する手段が、VHF高周波電源と該VHF高周波を整合する整合器とからなり、前記RF高周波がプラズマシールドに供給されてプラズマが生起され、プラズマ発生後に前記VHF高周波が該第二電極に供給されてプラズマが維持されることを含むものである。

【0025】また本発明のVHFプラズマ処理装置は、減圧可能な容器内で対向する第一電極、第二電極を有する基板上に薄膜を成膜するVHFプラズマCVD装置であって、周波数可変のRF-VHF共通高周波電源の周波数を変更することによりRF高周波とVHF高周波との切り換えを行い、RF高周波が該第二電極に供給されてプラズマが生起され、プラズマ発生後に前記VHF高周波が、整合器を介して該第二電極に供給されてプラズマが維持されることを含むものである。

【0026】

【作用】減圧可能な容器内に周波数 $f=30\sim300$  MHzのVHF高周波を用いてプラズマを発生させ、該プラズマ中で処理を行うVHFプラズマ処理装置において、本発明では、プラズマ処理に使う周波数より低い高周波を用いてまず放電を開始し、しかる後所定のVHF高周波に設定し放電を維持する（構造とする）ことにより、放電の開始を容易にし、安定放電をも容易に得ることができる。この方法を実現する為の構造は実施例により説明する。

【0027】放電開始のために、少なくとも13.56 MHzのRF高周波などの低い周波数をまず印加し、これにより放電を開始したのち、VHF高周波を印加しVHFでの放電にする。このとき装置、整合器の方の調整はRFプラズマ、VHFプラズマが放電しているときの最適値に予め調節しておく。そうすることにより、整合に手間どることもなく、放電も容易に開始できる。本発明の方法、装置を利用することにより、プラズマ処理による高速成膜は実現できるし、装置側の設計も容易にすることができる。

【0028】

【実施例】

実施例1

図1は、本発明に係る第1の実施例であるVHFプラズマCVD装置の構成を示す模式図である。図中の104はステンレスからなる成膜チャンバー外壁、109はステンレスからなる第一電極である。本装置はロードロック方式の成膜装置であり、ロード室とアンロード室とを持っており（図示せず）、第一電極は可動式になっている。106は第一電極の移動を支える構造物である。基板107をこの第一電極上に設置したのち、第一電極ごとロード室から、成膜チャンバー内に入れる。105は基板加熱用のヒーターである。このヒーターにより第一電極と該第一電極上の基板とを背面から輻射熱により加熱する。111はプラズマ閉じ込め用のプラズマシールドである。放電を開始する前に、このプラズマシールドは、第一電極に密着するような構造になっている。101はロータリーポンプ、102はターボ分子ポンプであり、チャンバーの真空引きと反応ガスの排気を行う。110は第二電極である。

【0029】基板を設置した第一電極を成膜チャンバー内に設定したのち、100%シランガスを、バルブ、流量計（図示せず）、拡散板（第二電極表面上のシャワーヘッド）を通しながら、十分均一に、チャンバー内に放出させた。この時の流量は100 sccmとした。成膜チャンバー内圧力を0.1 Torrに保った。ガスはプラズマシールドに設けられた穴から、チャンバーの背面にある排気ポンプ（ターボ分子ポンプ102、ロータリーポンプ101）により排気した。このときチャンバーとターボ分子ポンプとの間に設けられたゲートバルブ103は通常チャンバーとポンプ側の隔絶のために用いら

れるが、圧力調整用の弁としても用いられる。この弁の開閉の度合を調整することで、この部分でのコンダクタンスを変化させ、実効排気速度を任意に調節し、流量と独立に圧力を制御することができる。

【0030】成膜条件を設定した後高周波電力を投入し、放電を行った。本実施例では、放電開始用のRF電源114と、VHF電源115の2種類を用意する。RF電源につながる整合器112と、VHF電源につながる整合器113を通して、それぞれの高周波は点Pでそれぞれの同軸ケーブルを結合させ、第二電極へ供給できるようになっている。高周波電力の印加の様子を図6に模式的に示す。まず初めにRF電源から第二電極に50 WのRF高周波を印加した。このときRF整合器の整合条件はRF初期放電の時の値に前もって設定しておく。放電が開始したら、VHF電源から、50 WのVHF高周波を印加する。尚、出力50 Wのときの成膜速度は、RFでは1 Å/sec程度、VHFでは20 Å/sec以上である。したがってRF放電の間、不均一な膜が堆積する問題は殆ど無視できる。RFプラズマに重畳してVHFプラズマが発生した。この時点でRF電源を切り、VHF放電のみにした。この時整合器はVHF放電の最適条件に設定してあり、安定なVHFプラズマが得られた。シランを用いて放電を起こし、SiH<sup>+</sup>の発光強度を、放電時間に対してモニタしたデータを図8中、曲線bに示す。横軸の時間は図6の時間と対応している。縦軸は安定後の値を1.0として規格化してある。RF高周波により放電を開始したときの発光強度は小さいが、VHF放電が開始すると十分大きくなった。さらに従来装置と違って、本発明に係る装置では、VHF放電が開始すると、ただちに安定な放電となり、十分な整合状態が得られた。本例では、放電開始後1分で安定なVHFプラズマが得られた。

【0031】本実施例の構造を取ることで、高周波電力は第二電極側から導入するので、第一電極側の構造は簡単になり、第一電極移動式ロードロック型では好適なものとなった。

【0032】本実施例ではアモルファスシリコンを成膜するためのプラズマCVD装置を取り上げたが、VHF高周波を利用するスパッタ装置、エッチング装置においても本発明は基本的に適用できる。

【0033】実施例2

図2は、本発明に係る第2の実施例であるVHFプラズマCVD装置の構成を示す模式図である。成膜チャンバーの電極部分以外は基本的に実施例1と同じである。図中の204はステンレスからなる成膜チャンバー外壁、209はステンレスからなる第一電極である。本装置はロードロック方式の成膜装置であり、ロード室とアンロード室を持っており（図示せず）、基板ホルダー216上に設置された基板は可動式になったホルダーごと、ロード室を通して、成膜チャンバー内の第一電極上に設置

される。この時基板ホルダーと第一電極とは密着する構造となっている。206はホルダーの移動を支える構造物である。205は基板加熱用のヒーターである。このヒーターにより第一電極と、第一電極上の基板とを熱伝導により加熱する。211はプラズマ閉じ込め用のプラズマシールドである。201はロータリーポンプ、202はターボ分子ポンプであり、チャンバーの真空引きと反応ガスの排気とを行う。210は第二電極である。

【0034】基板を成膜チャンバー内に設置後、100%シランガスを、バルブ、流量計(図示せず)、拡散板(第二電極表面上のシャワーヘッド)を通して十分に、チャンバー内に放出させた。この時の流量は100sccmとした。成膜チャンバー内圧力を0.1Torrに保ちながら、ガスはプラズマシールドに設けられた穴から、チャンバーの背面にある排気ポンプ(ターボ分子ポンプ202、ロータリーポンプ201)により排気した。このときチャンバーとターボ分子ポンプとの間に設けられたゲートバルブ203は通常チャンバーとポンプ側の隔絶のために用いられるが、圧力調整用の弁としても用いられる。この弁の開閉の度合を調整することで、この部分でのコンダクタンスを変化させ、実効排気速度を任意に調節し、流量と独立に圧力を制御することができる。

【0035】この後高周波電力を投入し、放電を始めた。本実施例では、実施例1と同じように放電開始用のRF電源214と、VHF電源215の2種類を用意した。本実施例では放電開始用のRF高周波は、基板のある側の第一電極209にRF電源専用の整合器213を通して供給した。放電用VHF高周波はVHF専用の整合器212を通して、第二電極210に供給した。高周波電力の印加の様子を図6に模式的に示す。これは第一の実施例と基本的に同じである。まず初めにRF電源から第一電極に50WのRFの高周波を印加した。このとき整合器213の整合条件はRF初期放電の整合条件時の値に設定しておく。RF高周波専用の整合器を有しているので、放電は非常に容易に開始した。そのためRF電力を上げて放電を開始する必要がなかった。放電が開始したら、1分後にVHF電源から、50WのVHF高周波を印加した。VHF放電の方は整合が非常に難しいので、予め、最適の整合条件を求めて置き、これを設定しておく。RFプラズマに重層してVHFプラズマが発生した。この時点でRF電源を切り、VHF放電のみにした。VHF放電の整合条件は予め設定してあるので、切り替えと同時に安定なVHFプラズマが得られた。シランを用いて放電を起こし、SiH<sup>\*</sup>の発光強度を、放電時間に対してモニタしたデータを図8中、曲線cに示す。横軸の時間は図6の時間と対応している。RF高周波により放電を開始したときの強度は小さいが、VHF放電が開始すると十分大きくなった。さらに従来装置と違って、本発明に係る装置ではVHF放電が開始する

と、ただちに安定な放電となり、十分な整合状態が得られた。RF、VHFの回路が独立しているので、VHF回路の構造が簡略化され、放電は非常に安定であった。

【0036】本実施例では放電開始用電源を接続する電極とVHF放電用の電極を異なるものにする事で、RF放電用に専用の回路を用意することができ、放電開始を非常に容易にすることができた。

【0037】本実施例ではアモルファスシリコンを成膜するためのプラズマCVD装置を取り上げたが、VHF高周波を利用するスパッタ装置、エッチング装置においても本発明は基本的に適用できる。

### 【0038】実施例3

図3は、本発明に係る第3の実施例であるVHFプラズマCVD装置の構成を示す模式図である。成膜チャンバーの電極部分以外は基本的に実施例1と同じである。図中の304はステンレスからなる成膜チャンバー外壁、309はステンレスからなる第一電極である。第一電極は可動式になっている。基板307はこの第一電極上に配置され、ロード室(図示せず)を通して、成膜チャンバー内に設置される。306は第一電極の移動を支える構造物である。305は基板加熱用のヒーターである。このヒーターにより第一電極と、第一電極上の基板とを背面から輻射熱により加熱する。311はプラズマ閉じ込め用のプラズマシールドであり、同時に本実施例ではこのプラズマシールドを放電開始用の電極として使用する。301はロータリーポンプ、302はターボ分子ポンプであり、チャンバーの真空引きと反応ガスの排気とを行う。310は第二電極である。

【0039】基板を成膜チャンバー内に設置した後100%シランガスを、バルブ、流量計(図示せず)、拡散板(第二電極表面上のシャワーヘッド)を通して十分に、チャンバー内に放出した。この時の流量は100sccmとした。成膜チャンバー内圧力を0.1Torrに保ちながら、ガスはプラズマシールドに設けられた穴から、チャンバーの背面にある排気ポンプ(ターボ分子ポンプ302、ロータリーポンプ301)により排気した。このときチャンバーとターボ分子ポンプとの間に設けられたゲートバルブ303は通常チャンバーとポンプ側の隔絶のために用いられるが、圧力調整用の弁としても用いられる。この弁の開閉度合を調整することで、この部分でのコンダクタンスを変化させ、実効排気速度を任意に調節し、流量と独立に圧力を制御することができる。

【0040】基板をチャンバー内に設置した後、高周波放電を開始した。本実施例では、以上の例と同じように放電開始用のRF電源314と、VHF電源315の2種類を用意した。本実施例では、プラズマシールド311はRF高周波印加用電極を兼ねるものである。このプラズマシールド311に専用の整合器313を通して、RF高周波を印加する構造とした。高周波電力の印加の



## 11

様子を図6に模式的に示す。基本的に実施例1、2と同様な印加の仕方となる。まず初めにRF電源からプラズマシールドに50WのRF高周波を印加した。このとき整合器313の整合条件はRF放電の時の値に前もって設定しておく。放電が開始すると、1分後にVHF電源から、50WのVHF高周波を印加した。RFプラズマに重層してVHFプラズマが発生した。この初期放電は本実施例では基板周辺に漏る可能性もあるので、なるべく早くVHFに切り換えることが必要である。この時点でRF電源を切り、同時にこのプラズマシールドを接地した。以後はVHF放電のみで放電を維持した。VHF放電の整合条件は予め設定してあるので、切り替えと同時に安定なVHFプラズマが得られた。シランを用いて放電を起こし、SiH\*の発光強度を、放電時間に対してモニタしたデータを図8中、曲線eに示す。横軸の時間は図6の時間と対応している。RF高周波により放電を開始したときの強度は小さいが、VHF放電が開始すると十分大きくなった。さらに従来装置と違って、本発明に係る装置ではVHF放電が開始すると、ただちに安定な放電となり、十分な整合が得られた。

【0041】本実施例の構造をとることにより、プラズマシールドが放電開始電極を兼ねるので、第一電極側の構造を簡単にすることができる。

【0042】本実施例ではアモルファスシリコンを成膜するためのプラズマCVD装置を取り上げたが、VHF高周波を利用するスパッタ装置、エッチング装置においても本発明は基本的に適用できる。

【0043】実施例4

図4は、本発明に係る第4の実施例であるVHFプラズマCVD装置の構造を示す模式図である。成膜チャンバーの電極部分以外は基本的に実施例1と同じである。図中の404はステンレスからなる成膜チャンバー外壁、409はステンレスからなる第一電極である。本装置はロードロック方式の成膜装置であり、ロード室とアンロード室とを持っており（図示せず）、第一電極は可動式になっている。406は第一電極の移動を支える構造物である。基板407をこの第一電極上に設置したのち、ロード室から、第一電極ごと成膜チャンバー内に入れる。405は基板加熱用のヒーターである。このヒーターにより第一電極と、第一電極上の基板とを背面から輻射熱により加熱する。411はプラズマ閉じ込め用のプラズマシールドである。放電を開始する前に、このプラズマシールドは、第一電極に密着する構造になっている。401はロータリーポンプ、402はターボ分子ポンプであり、チャンバーの真空引きと反応ガスの排気とを行う。410は第二電極である。

【0044】基板を設置した第一電極を成膜チャンバー内に設定したのち、100%シランガスを、バルブ、流量計（図示せず）、拡散板（第二電極表面上のシャワーヘッド）を通しながら、十分均一に、チャンバー内に放

## 12

出した。この時の流量は100sccmとした。成膜チャンバー内圧力を0.1Torrに保ち、ガスはプラズマシールドに設けられた穴から、チャンバーの背面にある排気ポンプ（ターボ分子ポンプ402、ロータリーポンプ401）により排気した。このときチャンバーとターボ分子ポンプとの間に設けられたゲートバルブ403は通常チャンバーとポンプ側の隔絶のために用いられるが、圧力調整用の弁としても用いられる。この弁の開閉の度合を調整することで、この部分でのコンダクタンスを変化させ、実効排気速度を任意に調節し、流量と独立に圧力を制御することができる。

【0045】図7に本実施例における高周波の印加の仕方を示す。縦軸は周波数、横軸は放電時間である。本実施例では、周波数可変のRF、VHF共通電源413を用いた。まず初めに13.56MHzのRF高周波を第二電極に印加した。このとき整合器412の整合条件はVHF放電の時の値に前もって設定しておく。RF高周波で放電するときは、整合のずれた条件になるが、RFの場合にはこれでも十分放電は開始する。放電が開始したら、電源の高周波をVHF領域に切り替えた。それに応じてRFプラズマからVHFプラズマへと1分以内に移行した。切り替えた時点で整合はすでに取れており、安定なVHFプラズマが得られた。

【0046】図8中、曲線dに放電を開始してからの、SiH\*の発光強度をモニタしたデータを示す。横軸の時間は図7の時間と対応している。

【0047】本実施例では、一つの電源でRF波とVHF波とを切り替える設計にしているので、装置の全体的な大きさを小さくすることができた。さらに第二電極側に一括して電力を供給できるので、第一電極側の設計が容易になった。

【0048】本実施例ではアモルファスシリコンを成膜するためのプラズマCVD装置を取り上げたが、VHF高周波を利用するスパッタ装置、エッチング装置においても本発明は基本的に適用できる。

【0049】

【発明の効果】減圧可能な容器内に周波数 $f=30\sim300\text{MHz}$ のVHF高周波を用いてプラズマを発生させ、該プラズマ中で処理を行うVHFプラズマ処理装置において、処理に使う周波数より低い高周波を用いて放電を開始し、しかる後所定のVHF高周波に設定し放電を維持する装置又は方法により、放電の開始を容易にし、放電の安定をも容易に得ることができ、高性能のプラズマ処理を可能にすることができた。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る第1の実施例であるVHFプラズマCVD装置の構成を示す模式図である。

【図2】本発明に係る第2の実施例であるVHFプラズマCVD装置の構成を示す模式図である。

【図3】本発明に係る第3の実施例であるVHFプラズ

13

マCVD装置の構成を示す模式図である。

【図4】本発明に係る第4の実施例であるVHFプラズマCVD装置の構成を示す模式図である。

【図5】従来のVHFプラズマCVD装置の構成を示す模式図である。

【図6】第1, 2, 3の実施例における高周波印加の様子を示すグラフである。

【図7】第4の実施例における高周波印加の様子を示すグラフである。

【図8】放電中の $\text{SiH}^*$ の発光強度の放電時間依存を示すグラフである。

【図9】プラズマ処理装置の電気的な等価回路を示す模式図である。

【符号の説明】

104, 204, 304, 404    チャンバー外壁  
111, 211, 311, 411    プラズマシールド

14

106, 306, 406    第一電極支え

206    ホルダー支え

107, 207, 307, 407    基板

109, 209, 309, 409    第一電極

110, 210, 310, 410    第二電極

105, 205, 305, 405    ヒーター

103, 203, 303, 403    ゲートバルブ

102, 202, 302, 402    ターボ分子ポンプ

101, 201, 301, 401    ロータリーポンプ

112, 113, 212, 213, 312, 313, 412, 512    整合器

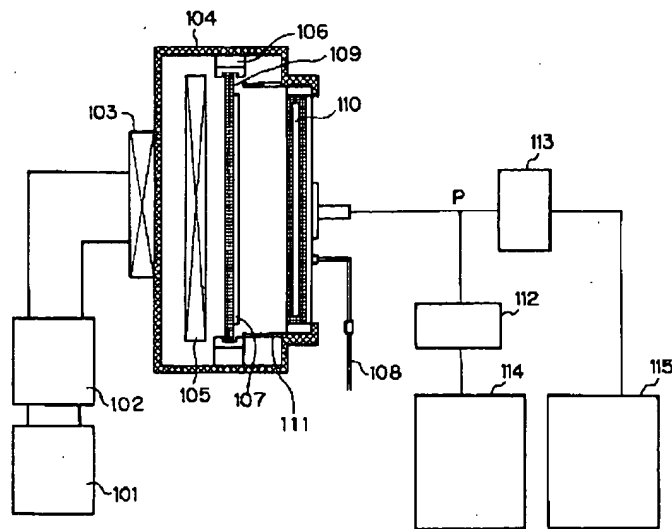
108, 208, 308, 408    ガス配管

114, 214, 314, 513    RF電源

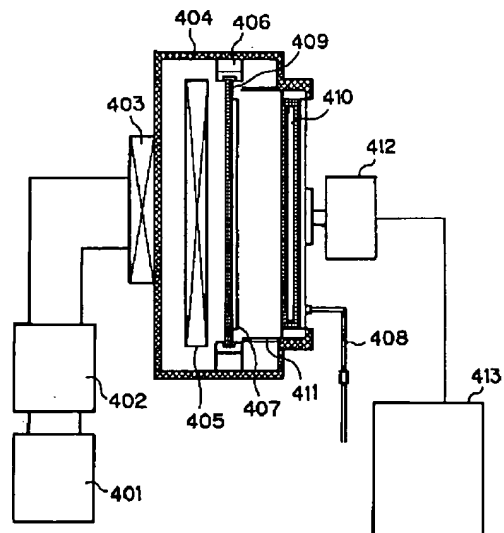
115, 215, 315    VHF電源

413    周波数可変高周波電源

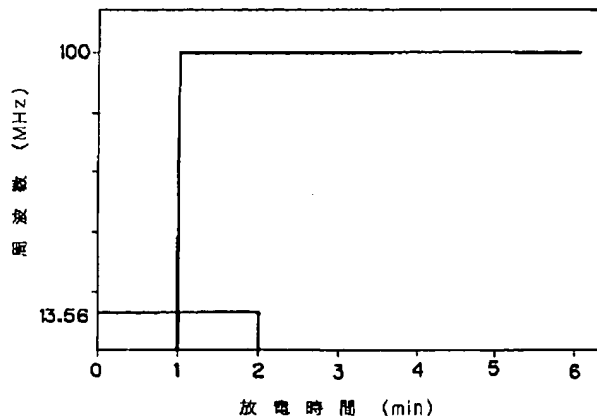
【図1】



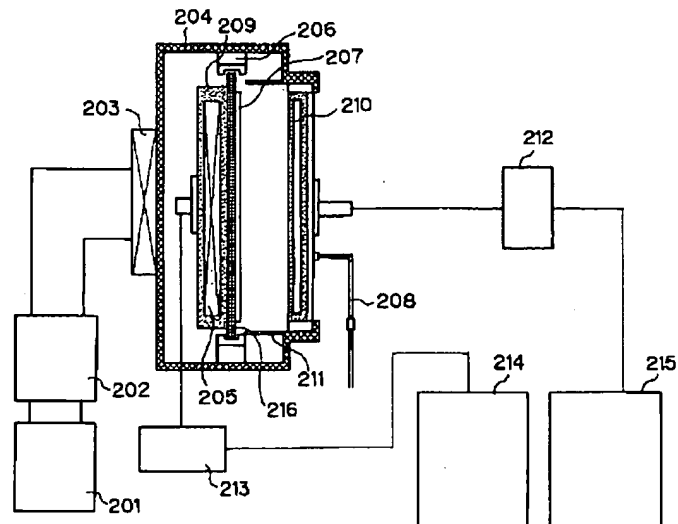
【図4】



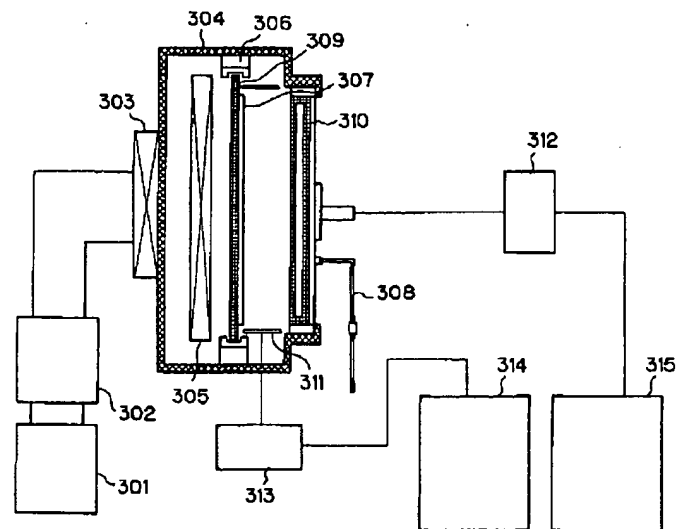
【図6】



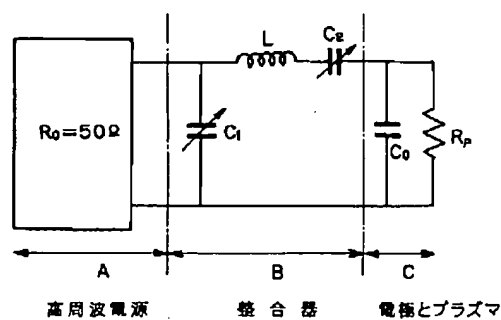
【図2】



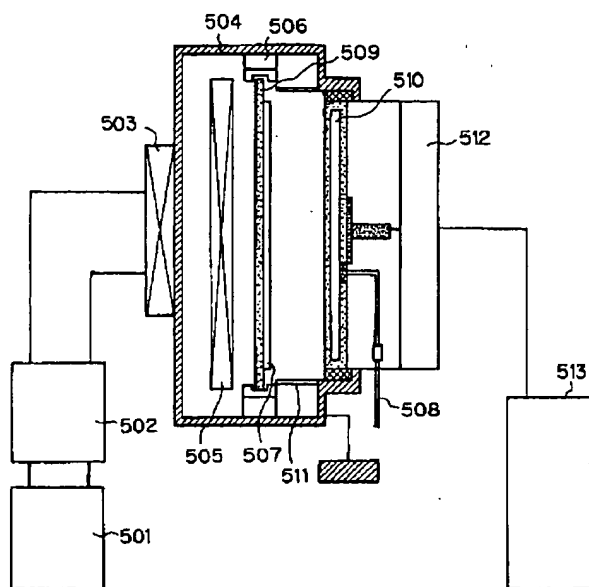
【図3】



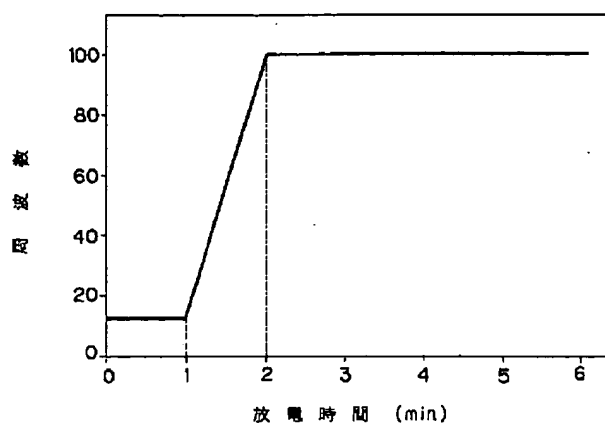
【図9】



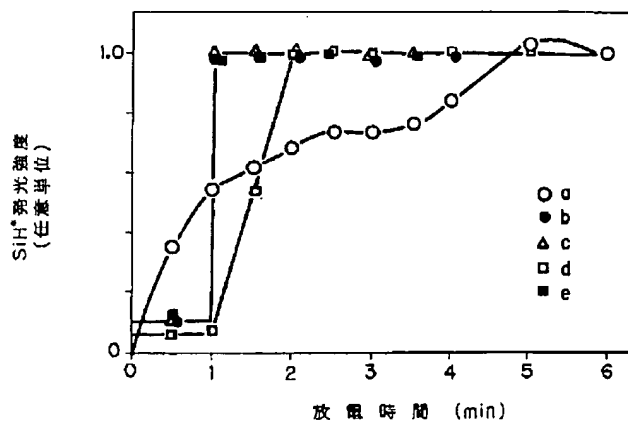
【図5】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

(72)発明者 水谷 英正  
東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ  
ノン株式会社内